

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-340894

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/343

G11B 7/125

G11B 7/135

(21)Application number : 2000-046448

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 23.02.2000

(72)Inventor : NOMURA YASUHIKO
GOTO MASAKANE
FURUSAWA KOTARO
HAYASHI NOBUHIKO
TAJIRI ATSUSHI
INOUE YASUAKI
SHONO MASAYUKI

(30)Priority

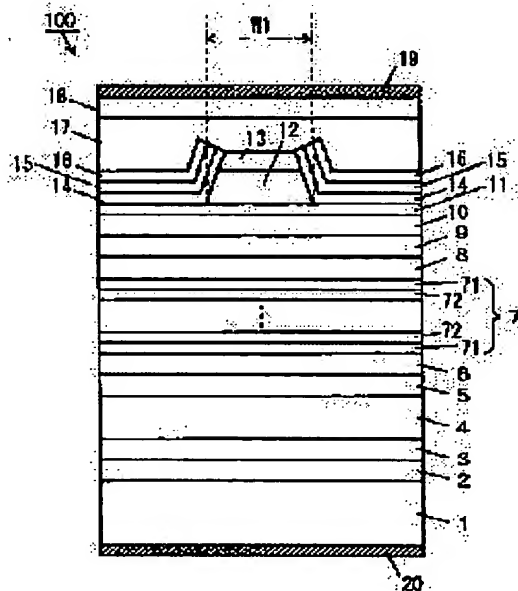
Priority number : 11082512 Priority date : 25.03.1999 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT, LIGHT-PROJECTING AND RECEIVING UNIT, AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the low-noise characteristics of a semiconductor laser element and to reduce its operating current and improve its temperature characteristics and reliability, by adding silicon, selenium, zinc, beryllium, sulphur or carbon into an active layer as an impurity at a predetermined concentration.

SOLUTION: In this semiconductor laser element 100, an n-buffer layer 2, an n-buffer layer 3, an n-clad layer 4, an n-carrier block layer 5, an Si-doped optical guide layer 6, and a multiple quantum well active layer(MQW active layer) 7 are formed in sequence on an n-GaAs substrate 1. The layer 7 has a multiple quantum well structure wherein six quantum well layers 71 made of Si-doped AlGaAs and five barrier layers 72 made of Si-doped AlGaAs are alternately laminated one upon another. Silicon, selenium, zinc, beryllium, sulphur or carbon is added to the layer 7 at a concentration of 5×10^{15} to $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ or less.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

07.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-340894
(P2000-340894A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 5/343	
G 1 1 B 7/125		G 1 1 B 7/125	A
7/135		7/135	Z

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-46448(P2000-46448)
(22) 出願日 平成12年2月23日 (2000.2.23)
(31) 優先権主張番号 特願平11-82512
(32) 優先日 平成11年3月25日 (1999.3.25)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(72) 発明者 野村 康彦
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72) 発明者 後藤 壮謙
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(74) 代理人 100098305
弁理士 福島 祥人

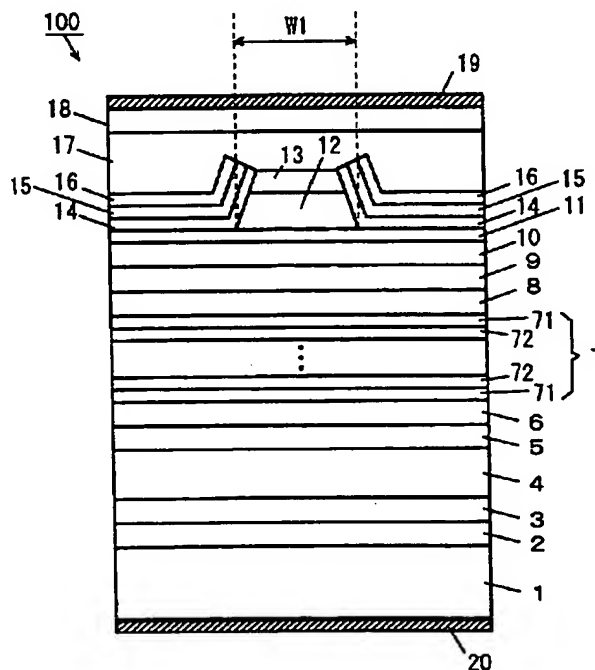
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子、投受光ユニットおよび光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【課題】 低雑音特性が向上され、動作電流が低減され
るとともに、温度特性および信頼性が向上された半導体
レーザ素子、それを備えた投受光ユニットおよび光ピッ
クアップ装置を提供することである。

【解決手段】 MQW活性層7中に不純物としてSi、
SeまたはZnが $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲
内で添加されている。MQW活性層7中の量子井戸層7
1の合計の厚みは20nm以上80nm以下に設定され
る。MQW活性層7の量子井戸層71の数は4以上7以
下である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層中にシリコン、セレン、亜鉛、ベリリウム、硫黄または炭素が不純物として $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の濃度に添加されたことを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記活性層中の不純物の濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記活性層中の不純物の濃度がほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記活性層が、少なくともガリウムおよび砒素を含む化合物半導体からなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記活性層が、少なくともGaAsもしくはAlGaAsからなることを特徴とする請求項4記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記活性層上に、平坦部およびリッジ部からなるクラッド層が設けられ、前記クラッド層の前記リッジ部の両側面および前記平坦部上に電流ブロック層が設けられたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記電流ブロック層が、少なくともガリウムおよび砒素を含む化合物半導体からなることを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ素子。

【請求項8】 前記電流ブロック層が、少なくともGaAsもしくはAlGaAsからなることを特徴とする請求項7記載の半導体レーザ素子。

【請求項9】 前記電流ブロック層が、酸化膜または窒化膜からなることを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ素子。

【請求項10】 前記活性層が複数の量子井戸層を含む量子井戸構造を有し、前記複数の量子井戸層の合計の厚みが20nm以上80nm以下であることを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項11】 前記複数の量子井戸層の数が5以上7以下であることを特徴とする請求項10記載の半導体レーザ素子。

【請求項12】 光ピックアップ装置に用いられる投受光ユニットであって、

第1の面を有する第1の支持部材と、
前記第1の支持部材に設けられた第1の配線部材と、
前記第1の支持部材の第1の面上に設けられかつ前記第1の配線部材と電気的に接続された請求項1～11のいずれかに記載の半導体レーザ素子とを備えたことを特徴とする投受光ユニット。

【請求項13】 前記第1の配線部材上に配置されたヒートシンクをさらに備え、前記半導体レーザ素子は前記ヒートシンク上に配置されたことを特徴とする請求項12記載の投受光ユニット。

【請求項14】 前記半導体レーザ素子のレーザ光の出射方向側に配置されかつ前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光に基づく帰還光を回折する第1の回折素子をさらに備えたことを特徴とする請求項12または13記載の投受光ユニット。

【請求項15】 前記半導体レーザ素子と前記第1の回折素子との間に配置されかつ前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を複数の光束に分割する第2の回折素子をさらに備えたことを特徴とする請求項12～14のいずれかに記載の投受光ユニット。

【請求項16】 前記第1の支持部材は前記第1の面に平行な偏平形状を有し、半導体レーザ素子は、前記第1の面に平行な方向に光を出射するように配置されたことを特徴とする請求項12～15のいずれかに記載の投受光ユニット。

【請求項17】 前記第1の支持部材上に配置された第2の支持部材と、

前記第2の支持部材に設けられた第2の配線部材と、
前記第2の支持部材に設けられ、前記第2の配線部材と電気的に接続されかつ前記半導体レーザ素子から出射された光に基づく帰還光を検出する検出器とをさらに備えたことを特徴とする請求項12～16のいずれかに記載の投受光ユニット。

【請求項18】 光を光学記録媒体に照射する光ピックアップ装置であって、

請求項12～17のいずれかに記載の投受光ユニット

と、
前記投受光ユニットの前記半導体レーザ素子から出射された光を光学記録媒体上に集光する集光手段とを備えたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ素子、それを備えた投受光ユニットおよび光ピックアップ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、光ディスク装置用の光源として半導体レーザ素子が用いられている。光ディスク装置では、半導体レーザ素子から出射されるレーザ光が強い可干渉性を有すると、光ディスクからの戻り光により雑音が発生する。そのため、このような半導体レーザ素子には、低雑音特性が要求される。半導体レーザ素子において低雑音特性を実現する方法の1つとして可飽和吸収領域による自励発振現象が利用されている（特開平6-196801号公報および応用物理第66巻第9号（1997）の第951頁～第956頁参照）。

【0003】一方、近年、ノート型パーソナルコンピュータの小型化および薄型化により、それに搭載される光ディスク装置にも薄型化が要請されており、これに対応すべく光ピックアップ装置の小型化および薄型化が進展

しつつある。光ピックアップ装置を小型化および薄型化するために、ホログラム素子を用いるとともに各種光学部品を一体化することが提案されている（特開平10-241199号参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、光ピックアップ装置を小型化および薄型化すると、半導体レーザ素子の放熱のためのヒートシンクも小型化する必要がある。ヒートシンクを小型化すると、熱容量が小さくなり、十分な放熱効果が得られない。自励発振型の半導体レーザ素子の温度が上昇すると、自励発振が停止するという現象が生じる。また、温度の上昇により素子の劣化が生じ、レーザ発振が停止することもある。

【0005】さらに、自励発振型の半導体レーザ素子の光出力を上げると、自励発振が停止してしまう場合がある。

【0006】そのため、低雑音化を図りつつ温度特性および信頼性を向上させるとともに動作電流を低減することが望まれる。

【0007】本発明の目的は、低雑音特性が向上され、動作電流が低減されるとともに、温度特性および信頼性が向上された半導体レーザ素子、それを備えた投受光ユニットおよび光ピックアップ装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係る半導体レーザ素子は、活性層中にシリコン、セレン、亜鉛、ベリリウム、硫黄または炭素が不純物として $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の濃度に添加されたものである。

【0009】本発明に係る半導体レーザ素子においては、上記の不純物が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の濃度に添加されることにより、発振するレーザ光の可干渉性が低くなり、高い光出力での動作時および温度上昇時にも、自励発振が安定に行われる。それにより、低雑音特性が向上する。

【0010】活性層中の不純物の濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。それにより、可干渉性がより低下し、高い光出力での動作時および温度上昇時にも、より安定な自励発振が得られる。したがって、低雑音特性がより向上する。

【0011】活性層中の不純物の濃度がほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることがさらに好ましい。ここで、「ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 」とは、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に対して上下に1割程度の誤差を含むことを意味する。それにより、可干渉性がさらに低下し、高い光出力での動作時および温度上昇時にも、さらに安定な自励発振が得られる。したがって、低雑音特性がさらに向上する。

【0012】活性層が、少なくともガリウムおよび砒素を含む化合物半導体からなってもよい。活性層が、少な

くともGaAsもしくはAlGaAsからなってもよい。また、活性層上に、平坦部およびリッジ部からなるクラッド層が設けられ、クラッド層のリッジ部の両側面および平坦部に電流ブロック層が設けられてもよい。電流ブロック層が、少なくともガリウムおよび砒素を含む化合物半導体からなってもよい。電流ブロック層が、少なくともGaAsもしくはAlGaAsからなってもよい。また、電流ブロック層が、酸化膜または窒化膜からなってもよい。

【0013】活性層が複数の量子井戸層を含む量子井戸構造を有し、複数の量子井戸層の合計の厚みが20nm以上80nm以下であることが好ましい。これにより、しきい値電流を低く保ちつつ低雑音特性を向上させることが可能となる。

【0014】複数の量子井戸層の数が5以上7以下であることが好ましい。それにより、しきい値電流および動作電流が十分に低減される。

【0015】本発明に係る投受光ユニットは、光ピックアップ装置に用いられる投受光ユニットであって、第1の面を有する第1の支持部材と、第1の支持部材に設けられた第1の配線部材と、第1の支持部材の第1の面上に設けられかつ第1の配線部材と電気的に接続された上記の半導体レーザ素子とを備えたものである。

【0016】本発明に係る投受光ユニットにおいては、活性層中に不純物が所定の範囲内の濃度に添加された半導体レーザ素子が用いられているので、低雑音特性が向上し、しきい値電流および動作電流が低減されるとともに、信頼性が向上する。

【0017】投受光ユニットが、第1の配線部材上に配置されたヒートシンクをさらに備え、半導体レーザ素子がヒートシンク上に配置されることが好ましい。それにより、放熱性が良好となり、温度特性が向上する。

【0018】投受光ユニットが、半導体レーザ素子のレーザ光の出射方向側に配置されかつ半導体レーザ素子から出射されたレーザ光に基づく帰還光を回折する第1の回折素子をさらに備えてもよい。

【0019】この場合、半導体レーザ素子から出射されたレーザ光に基づく帰還光が第1の回折素子で回折される。これにより、帰還光を光検出器に導くことが可能となる。

【0020】投受光ユニットが、半導体レーザ素子と第1の回折素子との間に配置されかつ半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を複数の光束に分割する第2の回折素子をさらに備えてもよい。

【0021】この場合、半導体レーザ素子から出射されたレーザ光が第2の回折素子により複数の光束に分割されるので、情報の再生、トラッキングサーボおよびフォーカスサーボを行うことが可能となる。

【0022】第1の支持部材は第1の面に平行な偏平形状を有し、半導体レーザ素子は、第1の面に平行な方向

10

20

30

40

50

に光を出射するように配置されることが好ましい。

【0023】これにより、投受光ユニットが小型化および薄型化される。この場合にも、活性層中に不純物が所定の範囲内の濃度に添加された半導体レーザ素子が用いられているので、高い光出力での動作時および温度上昇時にも、低雑音特性が得られる。

【0024】投受光ユニットが、第1の支持部材上に配置された第2の支持部材と、第2の支持部材に設けられた第2の配線部材と、第2の支持部材に設けられ、第2の配線部材と電気的に接続されかつ半導体レーザ素子から出射された光に基づく帰還光を検出する検出器とをさらに備えてもよい。

【0025】この場合、半導体レーザ素子から出射された光に基づく帰還光が第2の支持部材に設けられた検出器により検出される。これにより、情報の再生を行うことが可能となる。

【0026】第2の支持部材が、第1の面に平行な扁平形状を有することが好ましい。これにより、投受光ユニットの小型化および薄型化が図られる。この場合にも、活性層中に不純物が所定の範囲内の濃度に添加された半導体レーザ素子が用いられているので、高い光出力での動作時および温度上昇時にも、良好な低雑音特性が得られる。

【0027】投受光ユニットが、第1の回折素子により回折された帰還光を光検出器に導く光学系をさらに備えてもよい。この場合、第1の回折素子により回折された帰還光が光学系により光検出器に導かれる。それにより、情報の再生を行うことができる。

【0028】本発明に係る光ピックアップ装置は、光を光学記録媒体に照射する光ピックアップ装置であって、上記の投受光ユニットと、投受光ユニットの半導体レーザ素子から出射された光を光学記録媒体上に集光する集光手段とを備えたものである。

【0029】本発明に係る光ピックアップ装置においては、活性層中に不純物が所定の範囲内の濃度に添加された半導体レーザ素子が用いられているので、低雑音特性が向上し、しきい値電流および動作電流が低減されるとともに、信頼性が向上する。

【0030】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例における半導体レーザ素子の構造を示す模式的断面図である。

【0031】図1の半導体レーザ素子100においては、 n -GaAs基板1上に、 n -GaAsからなる n -バッファ層2、 n -AlGaAsからなる n -バッファ層3、 n -AlGaAsからなる n -クラッド層4、 n -AlGaAsからなる n -キャリアブロック層5、SiドープのAlGaAsからなる光ガイド層6および多重量子井戸活性層（以下、MQW活性層と呼ぶ）7が順に形成されている。

【0032】MQW活性層7は、SiドープのAlGa

Asからなる6つの量子井戸層71とSiドープのAlGaAsからなる5つの障壁層72とが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。

【0033】MQW活性層7上には、SiドープのAlGaAsからなる光ガイド層8、 p -AlGaAsからなる p -キャリアブロック層9、 p -AlGaAsからなる第1クラッド層10および p -AlGaAsからなる p -エッチング停止層11が順に形成されている。

【0034】 p -エッチング停止層11の中央部のストライプ状の領域上に、 p -AlGaAsからなる p -第2クラッド層12および p -GaAsからなる p -第1コンタクト層13が順に形成されている。 p -第2クラッド層12および p -第1コンタクト層13がリッジ部を構成する。本実施例では、リッジ部の下端の幅W1は2.4 μ mである。

【0035】 p -第2クラッド層12および p -第1コンタクト層13の両側面および p -エッチング停止層11上には、 n -AlGaAsからなる第1電流ブロック層14、 n -AlGaAsからなる n -第2電流ブロック層15および n -GaAsからなる n -第3電流ブロック層16が順に形成されている。

【0036】 p -第1コンタクト層13上および n -第3電流ブロック層16上には、 p -GaAsからなる p -第2コンタクト層17および p -GaAsからなる p -第3コンタクト層18が順に形成されている。 p -第3コンタクト層18上に p 側電極19が形成され、 n -GaAs基板1の裏面に n 側電極20が形成されている。

【0037】本実施例の半導体レーザ素子においては、MQW活性層7中に不純物としてSiが添加される。後述するように、この不純物の濃度およびMQW活性層7の複数の量子井戸層71の厚みの合計（以下、総厚dと呼ぶ）を最適化することにより、不純物準位に起因した光吸収が生じる。その結果、容易に自励発振が得られる。

【0038】図2および図3は図1の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【0039】まず、図2(a)に示すように、MOCVD法（有機金属化学的気相成長法）またはMBE法（分子線エビタキシャル成長法）により成長温度700~900℃で第1結晶成長を行う。

【0040】 n -GaAs基板1上に、 n -バッファ層2、 n -バッファ層3、 n -クラッド層4、 n -キャリアブロック層5、Siドープ光ガイド層6、SiドープMQW活性層7、Siドープ光ガイド層8、 p -キャリアブロック層9、 p -第1クラッド層10、 p -エッチング停止層11、 p -第2クラッド層12および p -第1コンタクト層13を順に成長させる。第1結晶成長における各層2~13の材料、Al組成、層厚およびキャリア濃度を表1に示す。

【0041】

* * 【表1】

	材料	Al組成	膜厚 (nm)	キャリア 濃度 (cm^{-3})
n-バッファ層2	GaAs	0	500	3×10^{17}
n-バッファ層3	AlGaAs	0.183	100	5×10^{17}
n-クラッド層4	AlGaAs	0.45	1450	5×10^{17}
n-キャリアブロック層5	AlGaAs	0.5	50	5×10^{17}
光ガイド層6	AlGaAs	0.35	20	
量子井戸層71	AlGaAs	0.106	7	
障壁層72	AlGaAs	0.35	8	
光ガイド層8	AlGaAs	0.35	20	
p-キャリアブロック層9	AlGaAs	0.5	50	1×10^{18}
p-第1クラッド層10	AlGaAs	0.45	150	1×10^{18}
p-エッチング停止層11	AlGaAs	0.7	20	8×10^{17}
p-第2クラッド層12	AlGaAs	0.45	750	8×10^{17}
p-第1コンタクト層13	GaAs	0	300	4×10^{18}

【0042】ここで、Al組成は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ におけるXである。なお、n-GaAs基板1のキャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0043】n-バッファ層2の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n-バッファ層3、n-クラッド層4およびn-キャリアブロック層5の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。光ガイド層6、MQW活性層7および光ガイド層8の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとして SiH_4 を用いる。p-キャリアブロック層9、p-第1クラッド層10、p-エッチング停止層11およびp-第2クラッド層12の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。p-第1コンタクト層13の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。

【0044】ここで、 AsH_3 はアルシンであり、TMGはトリメチルガリウムであり、TMAはトリメチルアルミニウムであり、 H_2Se はセレン化水素であり、 SiH_4 はモノシランであり、DEZはジエチルジンクである。

【0045】第1結晶成長後、p-第1コンタクト層1※

※3上に SiO_2 等の酸化膜を形成し、通常のリソグラフィ技術により中央部のストライプ状の領域を除いて酸化膜を除去することにより、p-第1コンタクト層13上にストライプ状の酸化膜21を形成する。

【0046】次に、図2(b)に示すように、酸化膜21をマスクとしてp-エッチング停止層11が露出するまでエッチングによりp-第1コンタクト層13およびp-第2クラッド層12を除去する。

【0047】さらに、図3(c)に示すように、酸化膜21をマスクとして成長温度 $600 \sim 900^\circ\text{C}$ で第2結晶成長を行う。p-第2クラッド層12およびp-第1コンタクト層13の側面上およびp-エッチング停止層11の上面に、アンドープの第1電流ブロック層14、n-第2電流ブロック層15およびn-第3電流ブロック層16を選択成長させる。この場合、酸化膜21上には結晶成長が生じない。なお、第2結晶成長の前に平坦部のp-エッチング停止層11をエッチングにより除去し、p-第1クラッド層10上に電流ブロック層14～16を成長させてもよい。第2結晶成長における各層14～16の材料、Al組成、層厚およびキャリア濃度を表2に示す。

【0048】

【表2】

	材料	Al 組成	膜厚 (μm)	キャリア 濃度 (cm^{-3})
第1電流ブロック層14	AlGaAs	0.6	0.38	アンドープ
n-第2電流ブロック層15	AlGaAs	0.6	0.25	3×10^{18}
n-第3電流ブロック層16	GaAs	0	0.25	5×10^{17}

【0049】第1電流ブロック層14の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用いる。n-第2電流ブロック層15の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n-第3電流ブロック層16の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。

【0050】酸化膜21をフッ酸系エッチャントにより除去した後、図3(d)に示すように、成長温度600*

10*~900℃で第3結晶成長を行う。p-第1コンタクト層13上およびn-第3電流ブロック層16上に、p-第2コンタクト層17およびp-第3コンタクト層18を結晶成長させる。第3結晶成長における各層17、18の材料、Al組成、膜厚およびキャリア濃度を表3に示す。

【0051】

【表3】

	材料	Al 組成	膜厚 (μm)	キャリア 濃度 (cm^{-3})
p-第2コンタクト層17	GaAs	0	5.3	1×10^{19}
p-第3コンタクト層18	GaAs	0	0.7	6×10^{19}

【0052】p-第2コンタクト層17およびp-第3コンタクト層18の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。

【0053】最後に、図1に示したように、p-第3コンタクト層18上に、厚さ約50nmのCrAuおよび厚さ約1.5 μm のAuからなるp側電極19を形成し、n-GaAs基板1の裏面に、AuGe/Ni/Auからなるn側電極20を形成する。

【0054】なお、p-第1コンタクト層13の厚さは、非常に薄くても素子特性上問題がなく、5nm~1000nmの範囲内であればよい。

【0055】ここで、MQW活性層7中のSi濃度および量子井戸層71の総厚dを変えて複数の半導体レーザ※

※素子を作製し、可干渉性の程度を示す α 値およびしきい値電流を測定した。

【0056】この測定では、MQW活性層7中のSi濃度を $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ から $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ まで変化させた。また、MQW活性層7中の各量子井戸層71の厚さを5nm、7nmおよび8nmとし、6つの量子井戸層71の総厚dを30nm、42nmおよび48nmと変えた。なお、 α 値が0.9を越えると戻り光ノイズのために光ピックアップ装置の特性が劣化する。図4および表4に半導体レーザ素子の α 値のSi濃度依存性の測定結果を示す。

【0057】

【表4】

Si 濃度 (cm^{-3})	γ 値		
	d = 30 nm	d = 42 nm	d = 48 nm
1×10^{15}	0.98	0.9	0.84
5×10^{15}	0.84	0.79	0.71
1×10^{16}	0.75	0.69	0.59
5×10^{16}	0.67	0.61	0.57
1×10^{17}	0.65	0.57	0.47
5×10^{17}	0.67	0.61	0.49
1×10^{18}	0.7	0.64	0.53
5×10^{18}	0.73	0.66	0.58
1×10^{19}	0.8	0.75	0.69
5×10^{19}	0.95	0.89	0.82

【0058】図4に示すように、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内で γ 値が0.9よりも小さくなっている。また、Si濃度が $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内で γ 値がさらに小さくなり、Si濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で γ 値が最小となっている。

【0059】したがって、自励発振を安定に起こすためには、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがよ*

*り好ましく、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0060】また、図4に示すように、MQW活性層7中の量子井戸層71の数が等しい場合には、総厚dが大きくなるほど γ 値が低くなることがわかる。

【0061】図5および表5にしきい値電流の量子井戸層71の総厚依存性および γ 値の量子井戸層71の総厚依存性の測定結果を示す。

【0062】

【表5】

量子井戸層 総厚 (nm)	γ 値			しきい値 電流 (mA)
	$1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	$1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	
2	—	—	—	30
5	1	1	1	27
10	1	0.95	1	24
20	0.97	0.88	0.95	22
30	0.75	0.65	0.7	20
40	0.69	0.57	0.64	22
50	0.59	0.47	0.53	24
65	0.57	0.46	0.52	28
80	0.56	0.45	0.51	35
100	0.55	0.44	0.5	45

【0063】しきい値電流の測定では、MQW活性層7中のSi濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした。また、 γ 値の測定では、MQW活性層7中のSi濃度を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ および $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0064】図5に示すように、量子井戸層71の総厚dが大きくなるほど γ 値が低くなる。また、MQW活性層7中のSi濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の場合に γ 値が最も低くなる。一方、量子井戸層71の総厚dが80nmよりも大きくなると、しきい値電流が増大する。したがって、量子井戸層71の総厚dは20nm以上80nm以下であることが好ましい。

【0065】上記のように、本実施例の半導体レーザ素子100においては、MQW活性層7中に不純物としてSiを添加し、不純物の濃度および量子井戸層71の総厚dを最適化することにより、不純物準位に起因した光吸収が生じ、容易に自励発振が行われるとともに、しきい値電流が低減される。

【0066】次に、MQW活性層7にSiの代わりにSeを添加した半導体レーザ素子を作製し、 γ 値を測定した。同様に、MQW活性層7にSiの代わりにZnを添加した半導体レーザ素子を作製し、 γ 値を測定した。この測定では、MQW活性層7中の各量子井戸層71の厚さを7nmとし、6つの量子井戸層71の総厚dを42nmとした。図6および表6に γ 値のSe濃度依存性およびZn濃度依存性の測定結果を示す。

【0067】

【表6】

濃度 (cm^{-3})	γ 値	
	Se	Zn
1×10^{15}	0.93	0.88
5×10^{15}	0.79	0.63
1×10^{16}	0.70	0.52
5×10^{16}	0.62	0.44
1×10^{17}	0.60	0.42
5×10^{17}	0.62	0.44
1×10^{18}	0.65	0.47
5×10^{18}	0.70	0.52
1×10^{19}	0.75	0.62
5×10^{19}	0.90	0.86

【0068】図6に示すように、Se濃度が $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内では γ 値が0.9よりも小さくなり、 $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内ではさらに小さくなり、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で最小となっている。また、Zn濃度が $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内では γ 値が0.9よりも小さくなり、 $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内ではさらに小さくなり、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で最小となっている。

* 50 cm^{-3} の範囲内で γ 値が0.9よりも小さくなり、 $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内ではさらに小さくなり、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で最小となっている。

$16 \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内ではさらに小さくなり、
 ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で最小となっている。

【0069】したがって、自動発振を安定に起こすためには、Se濃度およびZn濃度は、 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがより好ましく、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0070】なお、図1の半導体レーザ素子100において、リッジ部の下端の幅W1は、 $1.5 \mu\text{m}$ 以上 $4.0 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $2.0 \mu\text{m}$ 以上 $3.2 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。ただし、リッジ部の上端の幅が0とならないことが必要である。例えば、リッジ部の下端の幅W1を $1.5 \mu\text{m}$ とする場合には、p-第2クラッド層12の厚みを $0.5 \mu\text{m}$ にする。

【0071】また、p-第1クラッド層10の厚みは、 $0.02 \mu\text{m}$ 以上 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.08 \mu\text{m}$ 以上 $0.25 \mu\text{m}$ 以下であることがさらに好ましい。さらに、n-第2電流ブロック層15のAl組成は0.50以上0.75以下であることが好ましく、0.56以上0.64以下であることがさらに好ましい。

【0072】また、上記の半導体レーザ素子100においては、MQW活性層7ヘドープングにより不純物を添加しているが、周知の熱拡散法やイオン注入法によりMQW活性層7に不純物を添加してもよい。

【0073】具体的には、第1結晶成長の後、例えばAsH₃雰囲気中で基板温度850℃にて30分間保持することにより、Znがドーパされたp-AlGaAsからMQW活性層7にZnを熱拡散させてもよい。この場合、p-AlGaAsからなるp-第1クラッド層10のキャリア濃度を高く設定することにより、MQW活性層7により効果的にZnを拡散させることができる。

【0074】さらに、MQW活性層7中の量子井戸層71の数が3以下の場合には、電流を増加させたときに光の利得の飽和が生じるため、しきい値電流および動作電流が上昇する。一方、量子井戸層71の数が8以上になると、各量子井戸層71の厚みのばらつきが大きくなるため、発光エネルギー幅が広がり、しきい値電流および動作電流が上昇する。特に、量子井戸層71の合計の厚みを一定に保ちつつ量子井戸層71の数を増加させるためには、各量子井戸層71の厚さを小さくする必要がある。量子井戸層71の厚さが小さくなれば、量子単位の層厚依存性が大きくなるため、発光エネルギー幅がより広がりやすくなる。したがって、MQW活性層7の量子井戸層71の数は4以上7以下であることが好ましい。

【0075】図7は本発明の他の実施例における半導体レーザ素子の構造を示す模式的断面図である。

【0076】図7の半導体レーザ素子200において、

n-GaAs基板1上のn-バッファ層2からp-第1コンタクト層13までは、図1の半導体レーザ素子100と同様である。ただし、p-第1クラッド層10の厚さは $0.25 \mu\text{m}$ であり、p-第1コンタクト層13の厚さは $0.1 \mu\text{m}$ である。

【0077】本実施例では、p-第2クラッド層12およびp-第1コンタクト層13からなるリッジ部の下端の幅W2は $2.0 \mu\text{m}$ である。

【0078】p-第2クラッド層12およびp-第1コンタクト層13の両側面およびp-エッチング停止層11上には、厚さ $0.88 \mu\text{m}$ のSiO₂またはSiN_xからなる電流ブロック層32が形成されている。p-第1コンタクト層13上には、厚さ $0.3 \mu\text{m}$ のp-GaAsからなるp-第2コンタクト層37および厚さ $0.3 \mu\text{m}$ のp-GaAsからなるp-第3コンタクト層38が順に形成されている。

【0079】p-第2コンタクト層37およびp-第3コンタクト層38のキャリア濃度は、それぞれ図1のp-第2コンタクト層17およびp-第3コンタクト層18のキャリア濃度と同様である。

【0080】p-第3コンタクト層38上にはp側電極39が形成され、n-GaAs基板1の裏面にはn側電極40が形成されている。なお、p側電極39は、p-コンタクト層38から電流ブロック層32にわたる領域全面に形成してもよい。

【0081】電流ブロック層32の材料としてSiO₂またはSiN_xを用いた図7の半導体レーザ素子200において、MQW活性層7中のSi濃度を変えて γ 値を測定したところ、 γ 値のSi濃度依存性の測定結果は図4とほぼ同等になった。

【0082】したがって、図7の半導体レーザ素子200においても、MQW活性層7中のSi濃度は、 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがより好ましく、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0083】なお、図7の半導体レーザ素子200において、リッジ部の下端の幅W2は、 $1.3 \mu\text{m}$ 以上 $3.6 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $1.8 \mu\text{m}$ 以上 $3.0 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。ただし、リッジ部の上端の幅が0とならないことが必要である。例えば、リッジ部の下端の幅W2を $1.3 \mu\text{m}$ とする場合には、p-第2クラッド層12の厚さを $0.4 \mu\text{m}$ にする。

【0084】また、p-第1クラッド層10の厚さは、 $0.08 \mu\text{m}$ 以上 $0.7 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.10 \mu\text{m}$ 以上 $0.35 \mu\text{m}$ 以下であることがさらに好ましい。

【0085】図8は図1の半導体レーザ素子100を用いた光ピックアップ装置用の投受光ユニットの構成を示

す側部断面図、図9は図8の投受光ユニットの下フレーム部の上面の構成を示す平面図、図10は図8の投受光ユニットの上フレーム部の下面の構成を示す平面図である。また、図11および図12は図8の投受光ユニットの外観を示す斜視図である。

【0086】なお、図8～図10中には、3次元の方向が明確となるようにx軸、y軸およびz軸が記入されている。x軸方向は鉛直方向であり、z軸方向は半導体レーザ素子100の光出射方向であり、y軸方向はxz平面に直交する水平方向である。

【0087】図8～図12において、投受光ユニットは、樹脂モールドよりなる下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとが接着固定された筐体を有する。下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとは互いに対向する主面を有する。下フレーム部111Aの主面上には、導電性ヒートシンク103、透過型3分割用回折格子106、透過型ホログラム素子107および反射ミラー112が取り付けられている。さらに、導電性ヒートシンク103の上面の内部には、ビームパワーモニタ用のフォトダイオード104aが取り付けられている。また、上フレーム部111Bの主面には、反射ミラー112で反射された帰還光を検出するフォトダイオード104bが取り付けられている。

【0088】導電性ヒートシンク103の主面には半導体レーザ素子100が取り付けられている。半導体レーザ素子100の前方には、透過型3分割用回折格子106が配置されている。透過型3分割用回折格子106は、半導体レーザ素子100側の表面に等ピッチの凹凸からなる回折格子面106aを有しており、半導体レーザ素子100から出射されたレーザ光を0次および±1次の3本の回折光に分割して出射する。

【0089】透過型ホログラム素子107は、透過型3分割用回折格子106の光出射側に、透過型3分割用回折格子106と対向するように固定されている。透過型ホログラム素子107は、透過型3分割用回折格子106側の表面に、凹凸のピッチが漸次的に変化する曲線群からなるホログラム面107aが形成された透光性基板からなる。

【0090】上記の投受光ユニットにおいて、半導体レーザ素子100からのレーザ光の出射方向は、下フレーム部111Bと上フレーム部111Aとが対向する方向と直交する方向(z軸方向)である。また、フォトダイオード104bの検出領域(受光面)は、下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとが対向する方向と直交するyz平面とほぼ平行に形成されている。

【0091】図13(a)、(b)はフォトダイオード104bの検出領域を示す。図13(a)に示すように、透過型3分割用回折格子106の回折方向がy軸方向の場合には、0次の回折光に基づく帰還光が入射する検出領域141の両側に、y軸方向に沿って±1次の回

折光に基づく2つの帰還光がそれぞれ入射する分割領域142、142が配置される。

【0092】また、図13(b)に示すように、透過型3分割用回折格子106の回折方向がx軸方向の場合には、0次の回折光に基づく帰還光が入射する分割領域141の両側に、z軸方向に沿って±1次の回折光に基づく帰還光がそれぞれ入射する分割領域142、142が配置される。

【0093】図9に示すように、下フレーム部111Aには、フォトダイオード104aからの信号を出力するリードフレーム131、半導体レーザ素子100に電力を供給するリードフレーム132、およびフォトダイオード104aと半導体レーザ素子100とに共通する、例えばアース用のリードフレーム133が設けられている。リードフレーム133上には導電性シートシンク103が載置されている。各リードフレーム131、132、133の一端は下フレーム部111Aに固定され、他端は下フレーム部111Aから外部に突出している。

【0094】また、図10に示すように、上フレーム部111Bには、フォトダイオード104bの分割された各検出領域からの信号を出力する複数のリードフレーム141、およびフォトダイオード104bの各検出領域に共通の、例えばアース用のリードフレーム142が設けられている。リードフレーム142上にはフォトダイオード104bが載置されている。各リードフレーム141、142の一端は上フレーム部111Bに固定され、他端は上フレーム部111Bから外部に突出している。

【0095】また、光ピックアップ装置は、上記の投受光ユニットに接続されるハウジングを有する。ハウジングには透過型ホログラム素子107と光学記録媒体との間でレーザ光の光軸方向を変化させる反射ミラーおよびレーザ光を光学記録媒体の表面に集光させる対物レンズが取り付けられている。

【0096】図14は図8～図12の投受光ユニットを用いた光ピックアップ装置の側面図であり、図15は図14の光ピックアップ装置におけるレーザ光の進行状態を示す平面図である。

【0097】この光ピックアップ装置では、半導体レーザ素子100の前端面側から出力されたレーザ光は、透過型3分割用回折格子106で0次および±1次の3本の回折光に分割された後、透過型ホログラム素子107に入射する。透過型ホログラム素子107を透過した3本の回折光は反射ミラー108で上方に反射された後、対物レンズ109の集光作用により光学記録媒体1に主スポットおよび2つの副スポットとして集光される。

【0098】光学記録媒体101に主スポットおよび2つの副スポットとして集光された3本の回折光は、光学記録媒体101で、この光学記録媒体101に記録された情報を含む3本の帰還光として反射され、対物レンズ

109を通り反射ミラー108で反射された後、透過型ホログラム素子107に入射する。

【0099】透過型ホログラム素子107を1次(または-1次)回折で透過した3本の帰還光は、透過型3分割用回折格子106の回折格子面106aの右側もしくは左側を透過した後、反射ミラー112で上方側に反射されてフォトダイオード104bに入射される。フォトダイオード104bに入射した帰還光は、電気信号に変換されてリードフレーム141より出力され、この出力に基づいて光学記録媒体101に記録された情報の再生、トラッキングサーボおよびフォーカシングサーボが行われる。

【0100】本例の光ピックアップ装置の投受光ユニットでは、半導体レーザ素子100に接続されているリードフレーム131、132、133は下フレーム部111Aに設けられ、フォトダイオード104bに接続されているリードフレーム141、142は上フレーム部111Bに設けられている。すなわち、リードフレーム131~133とリードフレーム141、142とは同一平面ではなく、x軸方向に高低差をもって異なるフレーム部に設けられている。このため、リードフレームを設けるために下フレーム部111Aおよび上フレーム部111Bの横幅を広げる必要がなくなり、光ピックアップ装置の投受光ユニットの筐体の横幅を小型にすることが可能となる。

【0101】また、この光ピックアップ装置の投受光ユニットでは、下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとの接合面に沿って相互に移動させることにより、帰還光がフォトダイオード104bの最適位置に入射するように位置決めすることができる。そして、位置決めした後、下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとを接着固定して光ピックアップ装置の投受光ユニットが製造される。このため、フォトダイオード104bに帰還ビームを導く反射ミラー112に移動機構を設ける必要がなくなり、反射ミラー112の取り付け構造が簡素化されている。これにより、下フレーム部111Aと上フレーム部111Bとからなる筐体の厚さ(x軸方向の幅)を小さくすることができる。

【0102】次に、図1の半導体レーザ素子100を図8の下フレーム部111Aの導電性ヒートシンク103上に搭載し、自励発振が停止する光出力を測定した。この測定では、MQW活性層7中のSi濃度を $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ から $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで変化させた。MQW活性層7中の各量子井戸層71の厚さは7nmであり、6つの量子井戸層71の層厚dは42nmである。

【0103】なお、この測定は、リードフレーム131~133を有する下フレーム部111Aに、透過型3分割用回折格子106および透過型ホログラム素子107を取り付けない状態で行った。図16および表7に自励発振が停止する光出力のSi濃度の依存性の測定結果を示す。

す。

【0104】

【表7】

Si濃度 (cm^{-3})	自励発振が停止する光出力 (mW)
1×10^{15}	12
5×10^{15}	17
1×10^{16}	20
5×10^{16}	24
1×10^{17}	25
5×10^{17}	23
1×10^{18}	21
5×10^{18}	18
1×10^{19}	16
5×10^{19}	12

【0105】なお、自励発振が停止する光出力以上では、発振がシングルモードになる。図16に示すように、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内では、自励発振が停止する光出力が16mWよりも高くなっている。また、Si濃度が $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内では、自励発振が停止する光出力が21mW以上とさらに高くなり、Si濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で最も高くなっている。

【0106】したがって、高出力であつ低雑音特性を得るためには、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがより好ましく、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0107】このように、上記実施例の半導体レーザ素子を用いた投受光ユニットにおいては、高い光出力での動作時にも、低雑音特性が向上する。

【0108】次に、自励発振が停止する光出力の温度依存性を測定した。この測定においても、図1の半導体レーザ素子100を図8の下フレーム部111Aの導電性ヒートシンク103上に搭載した状態で測定を行った。図17および表8に自励発振が停止する光出力の温度依存性の測定結果を示す。

【0109】

【表8】

10

20

30

40

50

2 1

2 2

温度 (°C)	自動発振が停止する光出力 (mW)						
	1×10^{17} cm^{-3}	5×10^{16} cm^{-3}	1×10^{18} cm^{-3}	5×10^{15} cm^{-3}	1×10^{19} cm^{-3}	1×10^{15} cm^{-3}	5×10^{19} cm^{-3}
10	27	25	23	19	18	15	14
25	25	24	21	17	16	12	12
40	22	20	17	14	12	10	9
50	19	18	14	11	9	6	5
60	17	15	12	9	7	4	3
70	13	12	9	6	4	1	1
80	10	8	5	3	1	1	1

【0110】図17に示すように、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の場合および $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の場合には、65℃で自動発振が停止している。Si濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ および $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の場合には、自動発振が停止する光出力が全体的に高くなっている。また、Si濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の場合に、自動発振が停止する光出力が全体的により高くなり、Si濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の場合に、自動発振が停止する光出力がさらに高くなっている。Si濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の場合には、自動発振する光出力が全温度範囲で最も高くなっている。

【0111】したがって、温度上昇時にも低雑音特性を得るためには、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがより好ましく、ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0112】このように、上記実施例の半導体レーザ素子を用いた投受光ユニットにおいては、温度上昇時にも、低雑音特性が向上する。

【0113】次に、図1の半導体レーザ素子100を図8～図12投受光ユニットに搭載して図14の光ピックアップ装置を構成し、ジッター特性を測定した。この測定では、MQW活性層7中のSi濃度を $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ から $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで変化させた。MQW活性層7中の各量子井戸層71の厚さは7nmであり、6つの量子井戸層71の層厚dは42nmである。図18および表8に光ピックアップ装置におけるジッター値のSi濃度依存性の測定結果を示す。ジッター値が20nsを越えると、光ピックアップ装置の読み取りエラーが生じやすくなる。

【0114】

【表9】

Si濃度 (cm^{-3})	ジッター値 (ns)
1×10^{15}	22.9
5×10^{15}	20.0
1×10^{16}	18.7
5×10^{16}	17.3
1×10^{17}	16.9
5×10^{17}	17.3
1×10^{18}	17.8
5×10^{18}	19.0
1×10^{19}	20.0
5×10^{19}	22.4

【0115】図18に示すように、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内でジッター値が20ns以下となっている。また、Si濃度が $5 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内でジッター値がさらに小さくなり、Si濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ でジッター値が最小となっている。

【0116】したがって、光ピックアップ装置において、読み取りエラーの発生を防止するためには、MQW活性層7中のSi濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

* 50 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることがより好ましく、

ほぼ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが最も好ましい。

【0117】このように、上記実施例の半導体レーザ素子を用いた光ピックアップ装置においては、低雑音特性が向上し、読み取りエラーの発生が防止される。

【0118】なお、上記実施例では、半導体レーザ素子100、200のMQW活性層7にSi、SeまたはZnが添加されているが、MQW活性層7中に不純物としてBe、SまたはCを上記の濃度に添加しても同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における半導体レーザ素子の構造を示す模式的断面図である。

【図2】図1の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【図3】図1の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【図4】図1の半導体レーザ素子における α 値のSi濃度依存性の測定結果を示す図である。

【図5】図1の半導体レーザ素子におけるしきい値電流の量子井戸層の総厚依存性および α 値の量子井戸層の総厚依存性の測定結果を示す図である。

【図6】 α 値のSe濃度依存性およびZn濃度依存性の測定結果を示す図である。

【図7】本発明の他の実施例における半導体レーザ素子の構造を示す模式的断面図である。

【図8】図1の半導体レーザ素子を用いた光ピックアップ装置用の投受光ユニットの構成を示す側部断面図である。

【図9】図8の投受光ユニットの下フレーム部の上面の構成を示す平面図である。

【図10】図8の投受光ユニットの上フレーム部の下面の構成を示す平面図である。

【図11】図8の投受光ユニットの外観を示す斜視図である。

【図12】図8の投受光ユニットの外観を示す斜視図である。

【図13】図8～図12の投受光ユニットのフォトダイオードの検出領域を示す平面図である。

【図14】図8～図12の投受光ユニットを用いた光ピックアップ装置の側面図である。

【図15】図14の光ピックアップ装置におけるレーザ光の進行状態を示す平面図である。

【図16】自励発振が停止する光出力のSi濃度依存性の測定結果を示す図である。

【図17】自励発振が停止する光出力の温度依存性の測定結果を示す図である。

【図18】光ピックアップ装置におけるジッター値のSi濃度依存性の測定結果を示す図である。

【符号の説明】

1 n-GaAs基板

4 n-クラッド層

7 MQW活性層

10 p-第1クラッド層

12 p-第2クラッド層

13 p-第1コンタクト層

14 第1電流ブロック層

15 n-第2電流ブロック層

20 16 n-第3電流ブロック層

17 p-第2コンタクト層

18 p-第3コンタクト層

37 p-第2コンタクト層

38 p-第3コンタクト層

71 量子井戸層

72 障壁層

100, 200 半導体レーザ素子

103 導電性ヒートシンク

104b フォトダイオード

30 106 透過型3分割用回折格子

107 透過型ホログラム素子

108 反射ミラー

109 対物レンズ

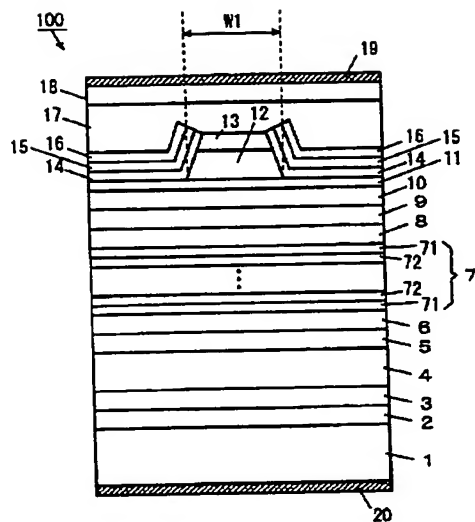
111A 下フレーム部

111B 上フレーム部

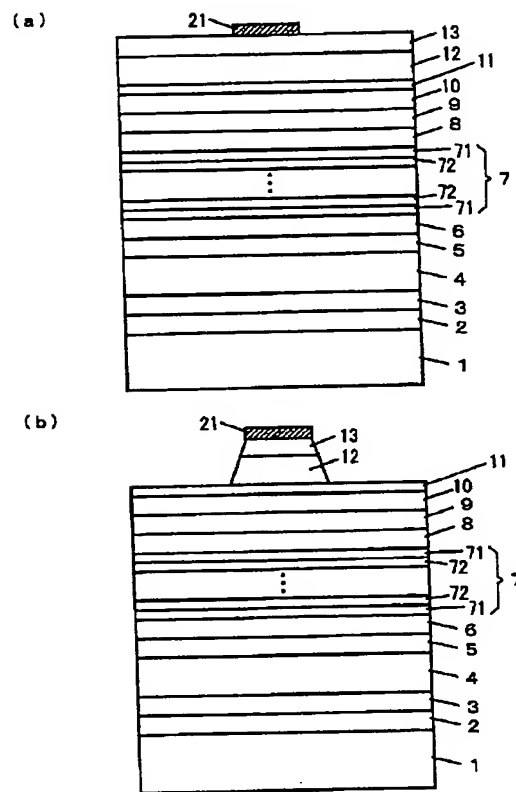
112 反射ミラー

131, 132, 133, 141, 142 リードフレーム

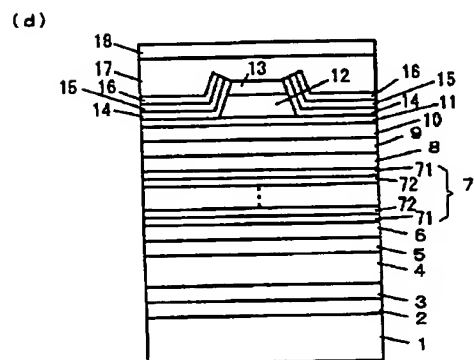
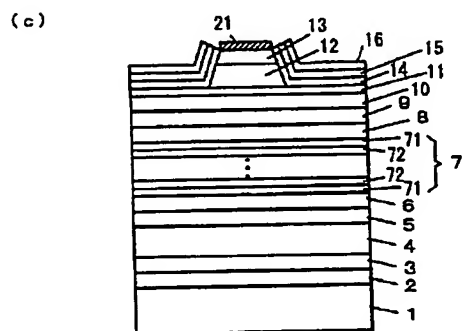
【図1】



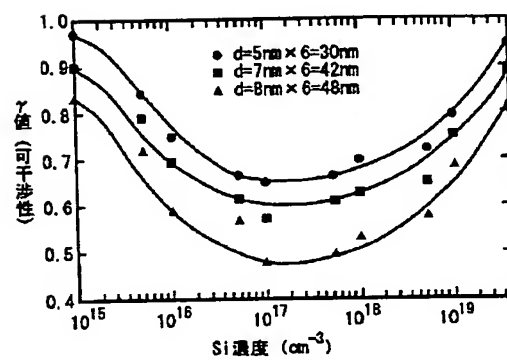
【図2】



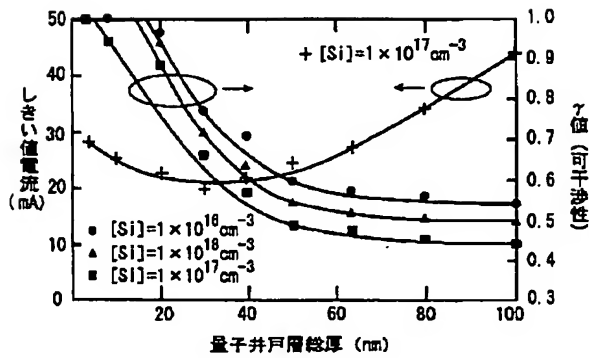
【図3】



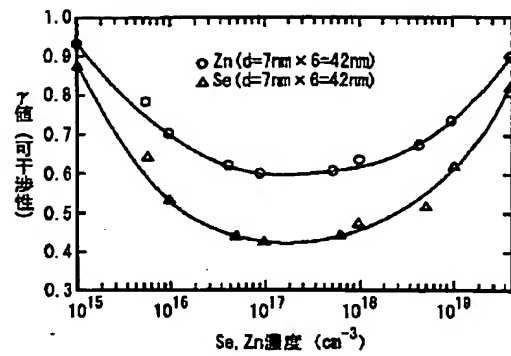
【図4】



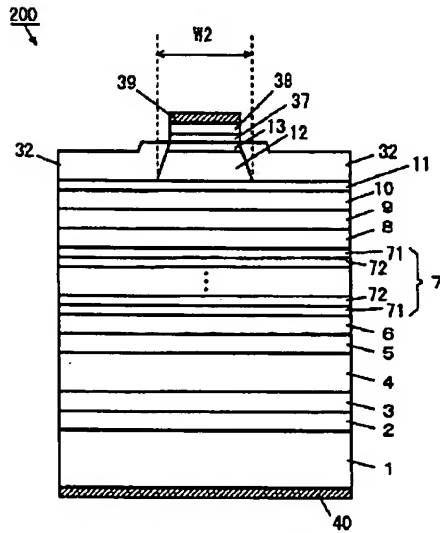
【図5】



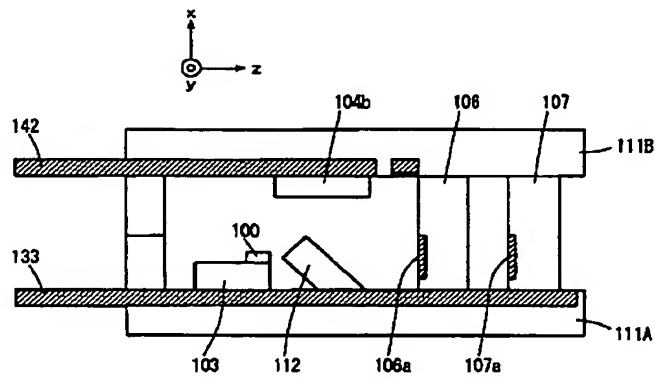
【図6】



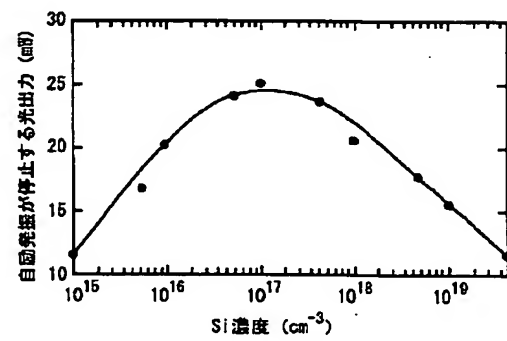
【図7】



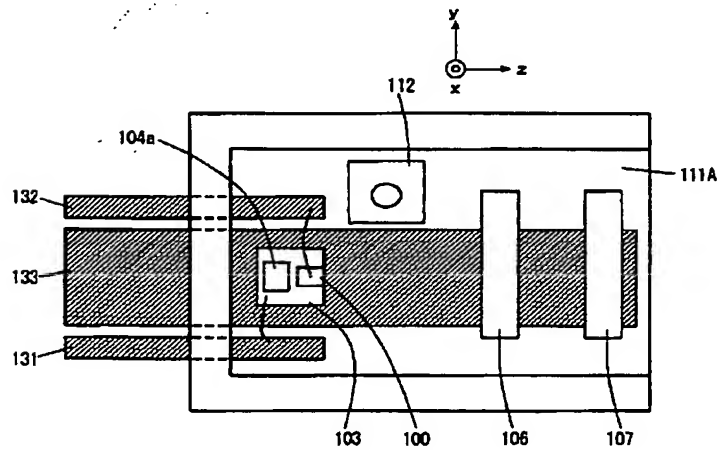
【図8】



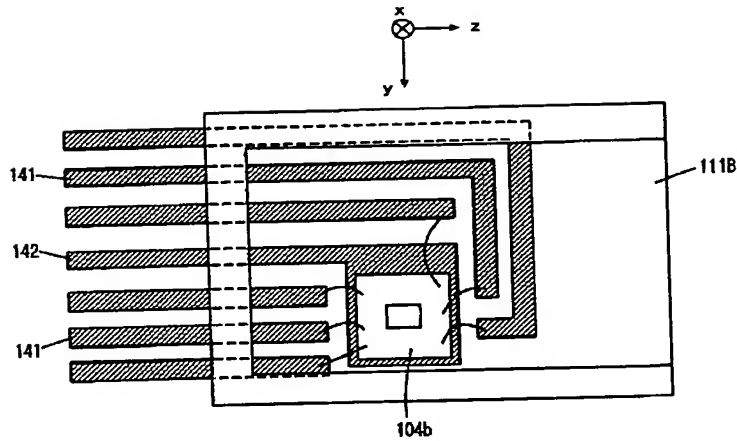
【図16】



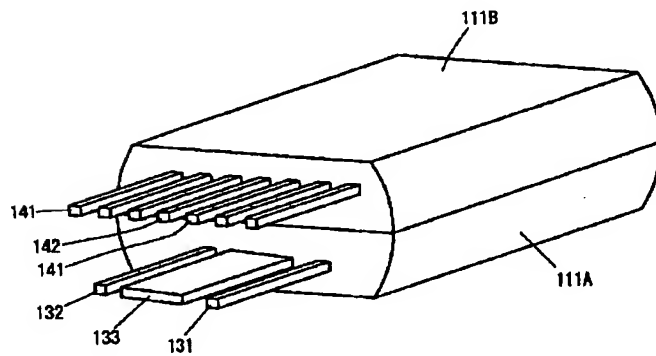
【図9】



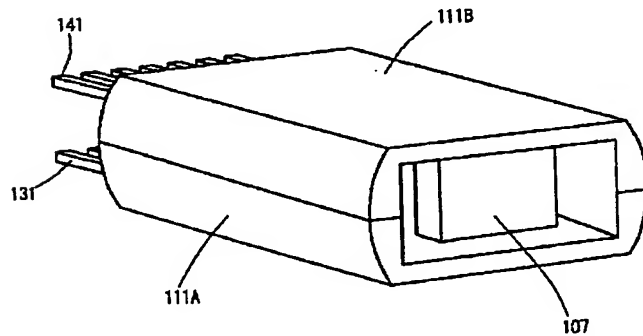
【図10】



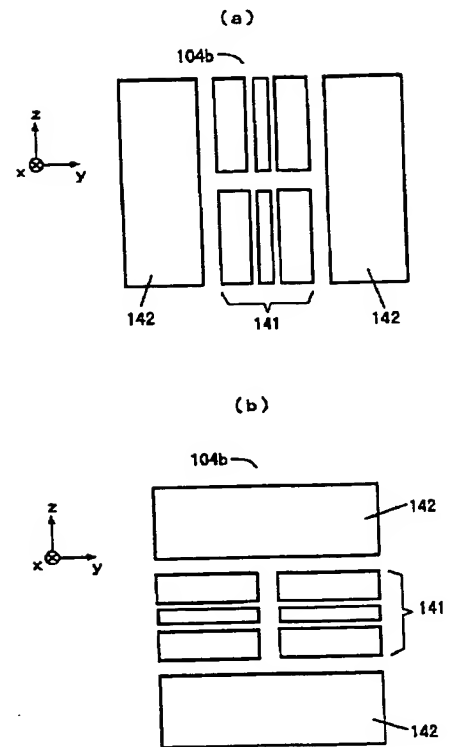
【図11】



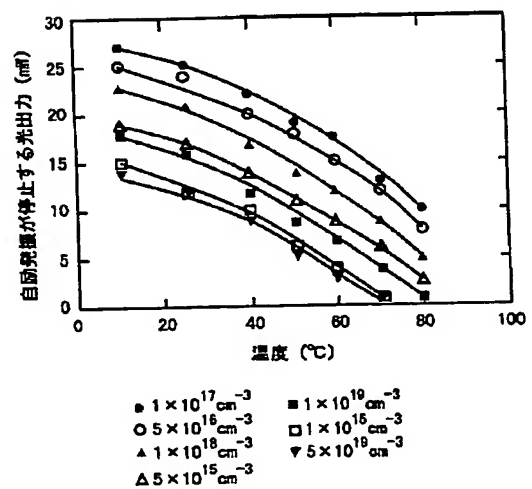
【図12】



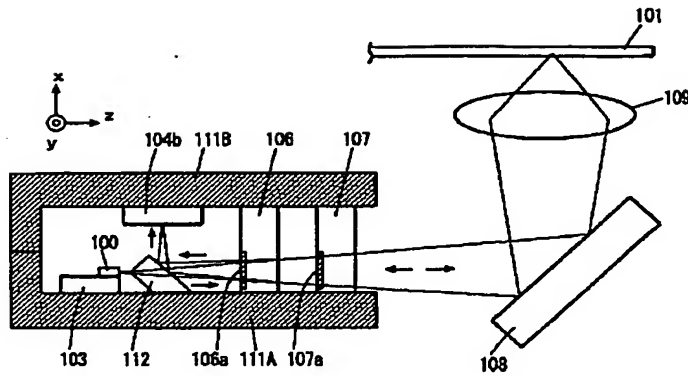
【図13】



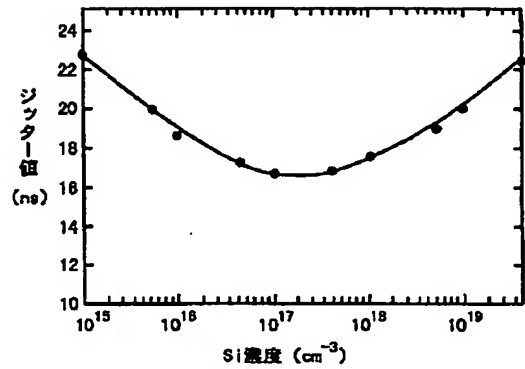
【図17】



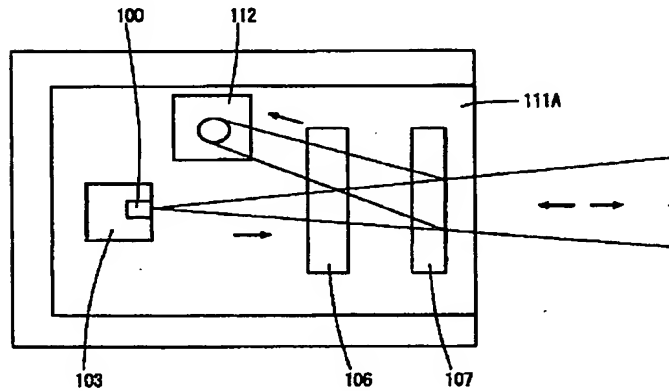
【図14】



【図18】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 古沢 浩太郎
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 林 伸彦
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 田尻 敦志
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 井上 泰明
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 庄野 昌幸
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)